

LÂMPADA DE UV PARA ESPECTROSCOPIA DE FOTO-ELÉTRONS (UPS)

M.J.B. Cardoso, R. Landers e V.S. Sundaram
Instituto de Física "Gleb Wataghin", UNICAMP
C.P. 6165, Campinas - SP.

É descrita uma lâmpada para ultra-violeta e sistema de bombeamento diferencial que permite acoplá-la a uma câmara de ultra-alto vácuo (10^{-9} torr), sem o uso de janelas. O diferencial entre a pressão na câmara de descarga e a região de UHV, que é de 10^8 - 10^9 , é conseguido com dois estágios de bombeamento separados por capilares de pirex com diâmetro interno de 0.6 mm. No primeiro estágio, é usada uma bomba mecânica (10^{-3} torr) e, no segundo, uma difusora provida de armadilha criogênica (N_2 liq) (10^{-7} torr). A lâmpada produz, quando usada com He de alta pureza, linhas estreitas quase limpas em 21.2 eV ou 40.8 eV dependendo da pressão na câmara de descarga, eliminando a necessidade de um monocromador. Como fonte de alta tensão (3KV) foi usada uma unidade comercial com controle de corrente extremamente bom, garantindo estabilidade do feixe de UV, característica essencial para o uso que é proposta esta lâmpada, ou seja, excitação de fotoelétrons de amostras cristalinas.

Lâmpada de UV, UPS, Ultra Alto Vácuo

A espectroscopia de fotoelétrons no ultra-violeta (UPS) é uma técnica que tem sido largamente utilizada no estudo de superfícies cristalinas, analisando-se as mudanças da estrutura eletrônica da banda de valência da superfície ($5-10 \text{ \AA}$) de monocristais, com diferentes faces, diferentes concentrações de dopantes e sob variada cobertura de gases^(1,2,3).

Para fótons com energia $h\nu \geq 11.8 \text{ eV}$ ⁽⁴⁾ há a necessidade de se utilizar uma fonte de radiação acoplada diretamente, sem janelas ópticas e bombeada diferencialmente, à câmara de UHV ($1.5 \times 10^{-10} \text{ torr}$)⁽⁵⁾.

A resolução obtida com um espectrômetro de fotoelétrons que utilize a lâmpada de UV que descrevemos é limitada pela óptica eletrônica do analisador de energia utilizado, já que a largura de linha inerente a esta radiação é da ordem de alguns meV. (Fig. 1) Isto é comodamente menor que a resolução dos melhores espectrômetros, que é da ordem de décimos de elétron-volt. Esta lâmpada usa um sistema de bombeamento diferencial simples e pode ser acoplada facilmente à câmara de UHV existente.

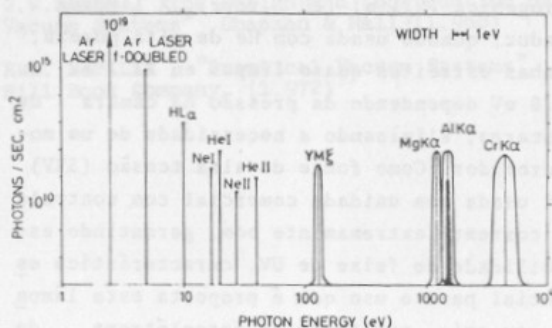


Figura 1 - Energia e intensidade dos fótons para linhas comumente utilizadas em experimentos de fotoemissão.⁽⁶⁾

A radiação UV é produzida através de uma descarga de alta voltagem DC num gás contido em um capilar de quartzo en-

tre o catodo, que é cilíndrico com a extremidade interna esférica, e o anodo. (Fig. 2) A lâmpada é refrigerada a água e a ar forçado. Quando operada com He puro, são excitadas as linhas de ressonância He I (584A - 21.22 eV) e He II (304A - 40.81 eV). Obtêm-se preferencialmente uma ou outra através do controle da pressão e do potencial na câmara de descargas. A energia destes fótons é capaz de excitar elétrons de toda banda de valência da maioria dos metais, tendo uma largura de linha muito estreita⁽¹⁾ e livre de outras linhas. O gás é introduzido na câmara de descargas, com um fluxo estável, através de uma válvula de precisão. Com pressões da ordem de 1 torr na câmara de descargas obtemos preferencialmente a linha He I e com pressões da ordem de 10^{-1} torr a linha He II, que conterà também a linha He I. Outros gases podem ser utilizados (Ne, Ar, H) conseguindo-se novas linhas⁽⁶⁾.

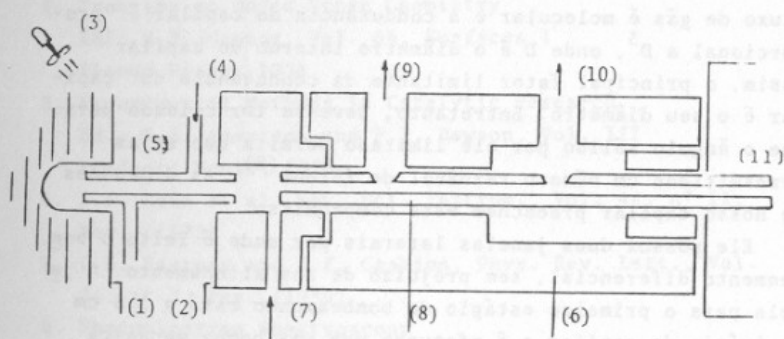


Figura 2 - Lâmpada de descarga UV com capilar bombeado

diferencialmente.

- (1) Catodo; (2) anodo; (3) ar forçado; (4) refrigeração a água; (5) capilar de quartzo DI : 5mm; (6) estrutura de alumínio; (7) entrada de gás; (8) capilar de pirex DI : 0.6mm; (9) 1º estágio de bombeamento - bomba mecânica; (10) 2º estágio de bombeamento - bomba difusora; (11) câmara de UHV.

O sistema de bombeamento diferencial está acoplado à lâmpada de UV de forma que o conjunto permaneça alinhado.

É então ligado à câmara de análises através de uma válvula de UHV. Este sistema permite que sejam interligadas sem janelas a câmara de descargas ($1 \cdot 10^{-1}$ torr) e a câmara de UHV (2×10^{-9} torr com a lâmpada em operação), mantendo um diferencial de pressão de $10^8 - 10^9$.

Os fótons produzidos na lâmpada chegam à amostra através de um capilar de pirex com diâmetro interno de 0.6 mm e externo de 5 mm com comprimento de 19.5 cm, montado em uma estrutura sólida. (Fig. 2) Na região na qual trabalhamos o fluxo de gás é molecular e a condutância do capilar é proporcional a D^3 , onde D é o diâmetro interno do capilar⁽⁷⁾. Assim, o principal fator limitante da condutância do capilar é o seu diâmetro. Entretanto, deve-se ter cuidado para que o ângulo sólido por ele limitado permita que sejam transmitidos um número razoável de fótons⁽⁸⁾. As dimensões de nosso capilar preenchem este compromisso.

Ele possui duas janelas laterais por onde é feito o bombeamento diferencial, sem prejuízo de seu alinhamento. A janela para o primeiro estágio de bombeamento está a 3.5 cm do início do capilar e é efetuado por uma bomba mecânica com velocidade de bombeamento efetiva na janela de 2 l/s conseguindo-se neste estágio uma pressão de equilíbrio da ordem de 10^{-3} torr. O segundo estágio é bombeado através de uma janela a 5 cm da primeira e é efetuado por uma bomba de difusão (óleo) com armadilha de N_2 liq com uma velocidade de bombeamento efetiva na janela de 1 l/s atingindo este estágio uma pressão de equilíbrio de 3×10^{-6} torr. A terceira parte do capilar, com 11 cm de comprimento, liga este está-

gio à câmara de UHV que tem um volume de 70 l e é bombeada por uma bomba iônica e uma de sublimação de titânio, tendo uma velocidade de bombeamento efetiva para o hélio de 66 l/s. A pressão inicial na câmara de UHV é de 1.5×10^{-10} torr e quando a válvula que a interliga à lâmpada com sistema de bombeamento diferencial é aberta mantém-se uma pressão de equilíbrio de 2×10^{-9} torr na câmara de amostras, suficiente para os estudos para os quais ela é designada.

Esperamos poder introduzir alguns aprimoramentos no sistema que reduzam sua pressão terminal, mantendo uma transmissão razoável de fótons.

REFERÊNCIAS

1. Electron Spectroscopy for Surface Analysis
Ed.: H. Ibach (Topics in Current Physics)
Springer-Verlag - 1977
2. Treatise on Solid State Chemistry
Ed.: N.B. Hannay, Vol. 6A, Surfaces I
Plenum Press, 1976
3. Experimental Methods in Catalytic Research
Ed.: R.B. Anderson and P.T. Dawson, Vol. III
Academic Press, 1976
4. J.E. Rowe et al, Rev. Sci. Instrum., Vol. 44, nº 11,
Nov. (1973)
5. D.E. Eastman and J.K. Cashion, Phys. Rev. Lett., Vol.
24, nº 7, Fev. (1970)
6. Photoelectron Spectroscopy
J.N.D. Eland
Butterworths, 1974
7. Vacuum Techniques
A. Roth
Pergamon Press, 1976
8. R.T. Poole et al, J. Electr. Spectr. 5, 777 (1974)